



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 196 33 860 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 J 35/10**  
H 01 J 35/14  
H 01 J 35/06  
G 01 N 23/223

DE 19633860 A1

②1 Aktenzeichen: 196 33 860.3  
②2 Anmeldetag: 18. 8. 96  
③3 Offenlegungstag: 20. 2. 97

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
18.08.95 DE 195319435

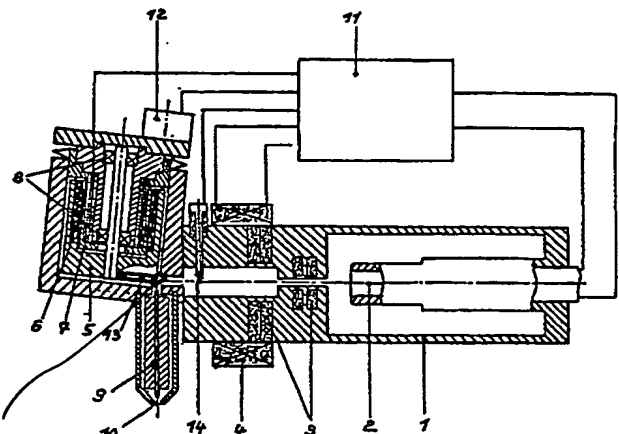
⑦1 Anmelder:  
IFG-Institut für Gerätebau GmbH, 12489 Berlin, DE

⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Gulde Hengelhaupt Ziebig, 10785  
Berlin

⑦2 Erfinder:  
Langhoff, Norbert, Prof., 12526 Berlin, DE; Delong,  
Armin, Prof., Brno, CS; Schmalz, Jürgen, Dipl.-Ing.,  
15566 Schöneiche, DE

⑤4 Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie und Röntgenröhre zur Durchführung des Verfahrens

⑤7 Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie und eine durchstimmbare Impuls-Röntgenquelle variabler Energie mit Mikrofokus und integrierter Röntgenoptik.  
Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenstrahlung durch eine Glaskapillarroptik fokussiert wird und der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Glaskapillarroptik positioniert und gehalten wird.  
Die Röntgenröhre zur Erzeugung der intensiven Röntgenstrahlung basiert darauf, daß die von einer Kathode emittierten Elektronen in einem elektrischen Hochspannungsfeld beschleunigt, mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems auf eine Drehanode fokussiert werden, wobei innerhalb eines gemeinsamen Vakuumsystems zwischen der wirksamen Fläche der Drehanode und dem Strahlenaustrittsfenster eine Röntgenkapillarroptik und außerhalb der Röntgenröhre eine Steuer- und Regeleinrichtung angeordnet ist, welche den Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik positioniert.



DE 19633860 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie und durchstimmbare Impuls-Röntgenquellen variabler Energie mit Mikrofokus und integrierter Röntgenoptik.

Die Röntgenröhre zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie basiert darauf, daß die von einer Kathode emittierten Elektronen in einem elektrischen Hochspannungsfeld beschleunigt und mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems auf eine Drehanode fokussiert werden, wobei der Fokus unterschiedliche Größe haben und auf verschiedene, auch unterbrochene Spuren unterschiedlichen Targetmaterials auf der Drehanode verlagert werden kann, derart, daß in bezug auf die optische Achse einer Röntgenoptik die Brennflecke unterschiedlicher Targetmaterials hinreichend dicht beieinander liegen.

Ebenso ist es möglich, die Drehanode stets so zu verschieben, daß der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik liegt.

Die Erfindung ist anwendbar insbesondere in Geräten für die Stoff- und Strukturanalytik sowie in der Meß- und Medizintechnik.

Als neue Anwendungsfelder werden die Mikroanalyse als Röntgenfluoreszenz-Mikroskopie sowie die Röntgendurchstrahlung zur Bilderzeugung mit höchster Auflösung und Mikrotomographie erschlossen.

Eine Röntgenfluoreszenz-Mikroanalyse erfolgt üblicherweise durch Anregung mittels eines Elektronenstrahls in Rasterelektronenmikroskopen, wobei in Folge der Generierung intensiver Bremsstrahlung der Spurennachweis eingeschränkt ist sowie die Probenoberflächen leitend und für die Messung im Vakuum präpariert sein müssen.

Die Anregung der Röntgenfluoreszenzstrahlung mittels eines energiereichen Röntgenstrahls mit hoher lateraler Auflösung setzt die Abbildung eines Mikrofokus der Anode auf die Probenoberfläche voraus. Dies wird mit Hilfe einer geeigneten Röntgenoptik realisiert.

Die Bilderzeugung höchster Auflösung im Durchstrahlungsmodus erfordert möglichst kleine Brennflecke. Dies trifft in gleicher Weise auch für die Mikrotomographie zu.

Aus der DE 44 10 757 A1 und der DE 44 10 760 A1 sind Röntgenröhren bekannt, die beispielsweise für medizinische Zwecke in der Mammographie verwendet werden. Bei diesen Röntgenröhren wird allerdings ein Brennfleck erzeugt, dessen Größe für den hier vorgesehenen Anwendungszweck nicht ausreichend und eine Impulserzeugung nicht möglich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie zu schaffen, mit welchem ein kleiner Brennfleck mit geringen Verlusten einfach und reproduzierbar erzeugt und übertragen werden kann sowie eine Röntgenröhre zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, welche vielfältig anwendbar und wirtschaftlich herstellbar ist und Röntgenstrahlung hoher Intensität sowie variabler Energie bzw. Wellenlänge zur Verfügung stellt und die Untersuchung dynamischer Prozesse ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil der Patentansprüche 1 und 10 in Verbindung mit den Merkmalen in den jeweiligen Oberbegriffen.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Erzeugung einer intensiven Röntgenstrahlung mit variabler Energie mit einfachen Mitteln dadurch realisiert wird, daß die Röntgenstrahlung durch eine Glaskapillaroptyk fokussiert wird und der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaroptyk positioniert und gehalten wird.

Für die Erzeugung eines sehr kleinen Brennfleckes auf der Anode wird ein einfaches elektronenoptisches System, wie beispielsweise aus der Elektronenmikroskopie bekannt, verwendet. Das System ist so gestaltet, daß eine Brennfleckverlagerung auf der Anode definiert vorgenommen werden kann.

Eine effektive technische Lösung ist nur erreichbar durch die Kopplung eines elektronenoptischen Systems mit einer Drehanodeneinrichtung, einer abbildenden Röntgenoptik sowie einer Steuer- und Regeleinrichtung, die dafür Sorge trägt, daß der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik liegt.

Die Steuer- und Regeleinrichtung besteht aus einem Detektor für die von der Drehanode emittierte und der Röntgenkapillaroptyk übertragene Röntgenstrahlung, elektronischen Baugruppen sowie einer Korrekturspule, mit der die Lage des Elektronenstrahls auf der Drehanode in kleinen Flächenbereichen beeinflußt werden kann.

Um eine möglichst hohe spezifische Flächenhelligkeit zu erzielen, wird in einer ersten Ausführungsvariante der tatsächliche Brennfleck optisch verkleinert, indem der Röntgenstrahl unter einem flachen Winkel zur Anode abgestrahlt wird. Wird beispielsweise ein Abstrahlwinkel von 6° gewählt, so wird eine optische Verkleinerung auf 1/10 erreicht. Dies hat den weiteren Vorteil, daß bei einer Verlagerung des Brennfleckes auf verschiedene Spuren die Brennflecke in bezug auf die Achse der Röntgenoptik im wesentlichen auf einer Geraden liegen.

Da die Einfangfläche der Röntgenoptik möglichst nah am Brennfleck positioniert sein sollte, wird diese in das Röntgengehäuse integriert und das Austrittsfenster z. B. Berylliumfolie erst am Ausgang der Optik angeordnet. Die Röntgenoptiken sind so gestaltet, daß sie eine Abbildung des Anodenfokus auf die Oberfläche der Probe in einem gewünschten Abstand ermöglichen oder einen quasi parallelen Strahl mit variablen Durchmesser und konstanter Intensitätsverteilung im Strahlquerschnitt zu erreichen gestatten. Die vorgesehenen Röntgenoptiken lassen auch eine Chromatisierung im Sinne eines Energiefilters zu.

Der auftretende spezifische Wärmeeintrag durch die hohe Energiedichte bei den sehr kleinen Brennfleckabmessungen würde die thermische Belastung des Anodenmaterials weit übersteigen. Deshalb ist es erforderlich, daß der Brennfleck auf der Anodenoberfläche wandert, was in der Technik der Röntgenröhren mit hoher Leistung in vielfältiger Ausführung durch das Konstruktionsprinzip der Drehanode realisiert wird. Dabei sind in Abhängigkeit von der Röhrenleistung zum Teil sehr aufwendige konstruktive Lösungen erforderlich, um die anfallende Wärme von der Anode abzuleiten.

Für Röntgenröhren kleiner Leistung sind Lösungen mit Drehanode bisher nicht gebräuchlich. Durch die extrem hohe spezifische Wärmebelastung anhand der Brennfleckgröße im Mikrometerbereich bietet sich das Drehanoden-Prinzip auch hier an.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von teilweise in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher

her erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Darstellung eines Längsschnittes durch eine erste Variante einer erfindungsge-  
mäßigen Röntgenröhre,

Fig. 2 einen Ausschnitt der Drehanode mit Targetma-  
terialspuren, die von dem Elektronenstrahl getroffen  
werden, gemäß Fig. 1,

Fig. 3 die stark vergrößerte Darstellung des Teiles  
der Kathode, an welcher die Elektronenemission er-  
folgt,

Fig. 4 die schematische Darstellung eines Längs-  
schnittes durch eine zweite Variante einer erfindungs-  
gemäßen Röntgenröhre.

Wie in Fig. 1 dargestellt, befindet sich die Kathode 2  
der Elektronenquelle und das elektronenoptische Sys-  
tem 3 mit Oktupol 4 der Elektronenquelle, die topfför-  
mige Drehanode 5 mit der Rotorwicklung 6 und der  
außerhalb des Vakuumraumes angebrachte Stator 7 des  
Drehanodenmotors sowie die Röntgenkapillaro-  
ptik 9, welche die Röntgenstrahlung zum Strahlenaus-  
trittsfenster 10 führt, in einem Metallgehäuse 1.

Bereits die Elektronenemission an der Kathode 2 soll  
einen möglichst feinen Elektronenstrahl ermöglichen.  
Dies geschieht dadurch, daß die Kathode 2 als Strich-  
Kathode gestaltet ist, so daß die emittierende Fläche  
und damit der Elektronenstrom erheblich vergrößert  
werden kann. Die Kathodengestaltung ist in Fig. 3 dar-  
gestellt. Die Strichkathode ist als Vorratskathode mit  
einer selbstregenerierenden Oberflächenbeschichtung  
ausgebildet.

Für das den Elektronenstrahl fokussierende elektro-  
nenoptische System 3 mit Oktupol 4 werden vorzugs-  
weise Permanentmagneten verwendet. Die Verschie-  
bung des Elektronenstrahls erfolgt durch einen elektro-  
magnetischen Oktupol, der außerhalb des Vakuumsys-  
tems angebracht ist.

Über die Kante der Sonde 14 wird der Elektronen-  
strom positioniert. Damit läßt sich außerdem die Fokus-  
sierung nach der Steilheit der Stromänderung beurtei-  
len.

Der Elektronenstrahl erzeugt beim Auftreffen auf die  
abgeschrägte Stirnfläche 5b der Drehanode 5 innerhalb  
eines Brennfleckes in Form eines Rechteckes mit dem  
Seitenverhältnis Länge : Breite von etwa 10 : 1 Rönt-  
genstrahlung. Bei einem Abstrahlwinkel von 6° in Rich-  
tung der Röntgenkapillaro-  
ptik 9 und des Strahlenaus-  
trittsfensters 10 erfolgt eine weitere optische Verkleine-  
rung des Strahlquerschnittes mit dem Seitenverhältnis  
1 : 1 bei etwa der gleichen Energieausbeute.

Die an der Anodenoberfläche auf der Spur des Brenn-  
fleckes entstehende Wärme soll im Anodenkörper gut  
weitergeleitet werden und die Wärmeableitung von der  
Drehanode 5 soll durch Wärmestrahlung zu dem durch  
äußere Kühlung auf einem niederen Temperaturniveau  
gehaltenen Röhrengehäuse 1 erfolgen. Dazu wird eine  
relativ große Strahlungsfläche durch geometrische  
Konstruktionsmaßnahmen und eine entsprechende  
Oberflächenstrukturierung realisiert, indem die Dreh-  
anode 5 als kompakter Körper ausgeführt ist, der durch  
seine topfförmige Gestalt eine relativ große Oberfläche  
aufweist. Zudem kann die Oberfläche strukturiert oder  
mit einer tiefschwarzen Substanz mit hohem Abstrah-  
lungskoeffizienten belegt werden.

Innerhalb der topfförmigen Drehanode 5 ist die Ro-  
torwicklung 6 als Kurzschlußwicklung des Drehanoden-  
antriebes angeordnet. Der außerhalb des Vakuumrau-  
mes angeordnete Stator 7 hat die Form einer Hülse und

ragt in den Hohlraum zwischen der Drehanode 5 mit  
der Rotorwicklung 6 und eines zylindrischen Gehäuse-  
teils für die Lagerung der Drehanode 5. Die Wand des  
Vakuumraumes, die sich zwischen Stator 7 und Rotor 6  
befindet, besteht aus unmagnetischem Material gerin-  
ger elektrischer Leitfähigkeit. Für die Lagerung der  
Drehanode 5 werden Kugellager 8 verwendet, welche  
für die Anwendung im Vakuum geeignet sind. Der rela-  
tiv große Abstand der Kugellager 8 gewährleistet den  
genauen Rundlauf der Drehanode 5.

Die bei der Erzeugung der Röntgenstrahlung wirksa-  
me abgeschrägte Stirnfläche 5b der Drehanode 5 ist als  
eine um 6° geneigte Fase zur geschlossenen Stirnfläche  
des topfförmigen Teils mit der Schräge am Umfang aus-  
geführt. Auf dieser geneigten Kreisringfläche sind meh-  
rere Targetmaterialspuren 15 verschiedener Targetma-  
terialien auf einem geeigneten Trägerwerkstoff, z. B.  
Graphit, der mit dem Grundwerkstoff der Drehanode 5,  
die vorzugsweise aus Kupfer besteht, gut wärmeleitend  
und mechanisch sehr fest verbunden ist, durch geeignete  
Verfahren, wie z. B. durch Aufdampfen, aufgebracht.  
Diese Targetmaterialspuren 15 weisen Unterbrechun-  
gen 13 auf, wie in Fig. 2 dargestellt, so daß die charak-  
teristische Röntgenstrahlung in Impulsen erzeugt wird.  
Die Breite des aufgetragenen Anodenmaterials sowie  
der Abstand zwischen den Targetmaterialspuren 15 ist  
größer als die Länge L des Strich-Fokuses. Die Unter-  
brechungen 13 in den Targetmaterialspuren 15 können  
Vertiefungen und/oder Erhöhungen und/oder Öffnun-  
gen sein.

Die Form des Brennfleckes kann so gewählt werden,  
daß mehrere Targetmaterialspuren 15 auf der Drehano-  
de 5 angeregt werden.

Der die Röntgenstrahlung anregende Elektronen-  
strahl der vorgeschlagenen Form wird durch den elek-  
tromagnetischen Oktupol auf das jeweilige Targetma-  
terial abgelenkt und stabil in dieser Lage gehalten. Die  
Ablenkung des anregenden Strahles liegt in der Grö-  
ßenordnung von einigen 1/10 Millimetern. Durch die  
Neigung der Anodenfläche um 6° entsteht dabei eine  
nur geringfügige Verschiebung in der Größe von 1/10  
der Ablenkung des anregenden Strahles der Achse in  
Abnahmerichtung der Röntgenstrahlung.

Dicht über der wirksamen Anodenfläche ist eine  
Röntgenkapillaro-  
ptik 9 mit polykapillarer Struktur an-  
geordnet, deren im Gesamtdurchmesser eine geringe  
Verschiebung der Abnahmeachse in Richtung des  
Strahlenaustrittsfensters 10, welches vorzugsweise aus  
Beryllium besteht, zuläßt. Die Konstruktion der Aufnah-  
me der Röntgenkapillaro-  
ptik 9 gewährleistet die genaue  
Positionierbarkeit zur Drehanode 5.

Bei der Anwendung der Röntgenröhre in der Rönt-  
genfluoreszenzanalyse ist zu beachten, daß die Lei-  
stungsfähigkeit der Detektoren hinsichtlich der verar-  
beitbaren Strahlungsimpulse begrenzt ist, so daß etwa  
während der Hälfte der Meßzeit der Detektor blockiert  
ist, dieser also eine sogenannte Totzeit aufweist, und die  
auftreffende Strahlung nicht registriert wird. In Kennt-  
nis dieser Tatsache ist es möglich, während dieser Tot-  
zeit die Erzeugung von Röntgenstrahlung innerhalb der  
Röntgenröhre abzuschalten bzw. zu drosseln. Damit  
kann die Verlustenergie und somit die thermische Bela-  
stung der Anode vermindert werden. Der Anodenstrom  
wird in synchronen Takten mit der Totzeit des Detek-  
tors abgeschaltet bzw. abgelenkt.

Für die Anwendung der Röntgenröhre in der Rönt-  
genfluoreszenz-Analytik besteht die Möglichkeit, die  
Probe mit mehreren charakteristischen Strahlungen zu

untersuchen. Realisiert werden kann das dadurch, daß die Drehanode 5 mit Segmenten der Kombination unterschiedlicher Targetmaterialien bestückt wird. Die Bestückung mit unterschiedlichen Targetmaterialien ist sowohl in einer Spur als auch in mehreren Spuren möglich.

Die in Fig. 4 dargestellte zweite Variante einer Mikrofokusröntgenröhre unterscheidet sich von der in Fig. 1 dargestellten ersten Variante insbesondere dadurch, daß die Drehanode 5 hier vollständig zylindrisch ausgebildet ist und die Targetmaterialspuren 15 nebeneinander auf der Mantelfläche 5a angeordnet sind.

Die Drehanode 5 ist innerhalb des Vakuumsystems axial verschiebbar, wodurch der Brennfleck auf der jeweiligen Targetmaterialspur 15 stets auf der optischen Achse der festangeordneten Röntgenkapillaro-  
ptik 9 positioniert werden kann.

Diese Positionierung erfolgt in diesem Ausführungsbeispiel durch einen elektromagnetischen Anoden-Verstellantrieb 12, welcher mit der Steuer- und Regeleinrichtung 11 verbunden ist.

Die Steuer- und Regeleinrichtung 11 besteht aus einem Detektor für die von der Drehanode 5 emittierte und der Röntgenkapillaro-  
ptik 9 übertragene Röntgenstrahlung, elektronischen Baugruppen sowie gegebenenfalls zusätzlich einer Korrekturspule, mit der die Lage des Elektronenstrahls auf der Drehanode 5 in kleinen Flächenbereichen beeinflußt werden kann.

Die Drehanode 5 ist bei dieser Ausführungsvariante um ca. 6° zur Achse der Röntgenkapillaro-  
ptik 9 bzw. um ca. 84° zum Elektronenstrahl geneigt.

Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist es möglich, durch Kombination der aufgezeigten Mittel und Merkmale weitere Ausführungsvarianten zu realisieren, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste

1 Metallgehäuse	
2 Kathode	
3 elektronenoptisches System	
4 Oktupol	
5 Drehanode	
5a Mantelfläche	
5b abgeschrägte Stirnfläche	
6 Rotorwicklung	
7 Stator	
8 Kugellager	
9 Röntgenkapillaro- ptik	
10 Strahl Austrittsfenster	
11 Steuer- und Regeleinheit	
12 Anoden-Verstellantrieb	
13 Unterbrechungen	
14 Sonde	
15 Targetmaterialspur	

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Röntgenstrahlung hoher Intensität und unterschiedlicher Energie, wobei die von einer Kathode emittierten Elektronen beschleunigt und auf eine Drehanode gelenkt werden und dort Röntgenstrahlen initiieren, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenstrahlung durch eine Glaskapillaro-  
ptik fokussiert wird und der Brennfleck auf der Drehanode exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaro-  
ptik positioniert und

gehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das auf der Drehanode befindliche Targetmaterial in zeitlich und geometrisch definierten Abständen in den Wirkungsbereich des Elektronenstrahles eingebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die definierten Zeitabstände durch Unterbrechungen im Targetmaterial, welches im Wirkungsbereich des Elektronenstrahles bewegt wird, erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung eine Rotation ist und das kreisförmig in einer oder in mehreren unterbrochenen Spuren aufgebrachte Targetmaterial in Abhängigkeit der Rotationsgeschwindigkeit und der geometrischen Abmessungen des Targetmaterials und der Unterbrechungen die Impulsbreite- und Impulsfolgefrequenz der Röntgenstrahlung bestimmt.

5. Verfahren nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Spuren aus unterschiedlichen Targetmaterialien bestehen und/oder jede einzelne Spur Segmente verschiedener Targetmaterialien aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Anwendung in der Röntgenfluoreszenz-Mikroskopie die Impulsfolge mit der Bewegung des Objektes synchronisiert bzw. koordiniert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Anwendung in der Röntgenfluoreszenz-Mikroanalyse die Impulsfolge mit der Totzeit des Detektors synchronisiert bzw. koordiniert wird.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe des Fokus einstellbar ist und auf verschiedene Targetmaterialspuren aus unterschiedlichen Targetmaterialien verlagert werden kann, derart, daß in bezug auf die optische Achse einer Röntgenoptik die Brennflecke unterschiedlicher Targetmaterialspuren hinreichend dicht beieinander liegen.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Wechsel der Strahlungscharakteristik die Drehanode axial verschoben wird derart, daß der Brennfleck auf der Drehanode stets exakt auf der optischen Achse der Glaskapillaro-  
ptik liegt.

10. Röntgenröhre zur Erzeugung von Röntgenstrahlung, wobei die von einer Kathode emittierten Elektronen in einem elektrischen Hochspannungsfeld beschleunigt, mit Hilfe eines elektronenoptischen Systems auf einer Drehanode mit mindestens einer Targetmaterialspur fokussiert werden und die entstehende Röntgenstrahlung durch ein Strahlentrtrittsfenster abgestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb eines gemeinsamen Vakuumsystems zwischen der wirksamen Fläche der Drehanode (5) und dem Strahlentrtrittsfenster (10) eine Röntgenkapillaro-  
ptik (9) und außerhalb der Röntgenröhre eine Steuer- und Regeleinrichtung (11) angeordnet ist, welche den Brennfleck auf der Drehanode (5) exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik (9) positioniert.

11. Röntgenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehanode (5) eine zylindri-

sche Form aufweist und auf der Mantelfläche (5a) Targetmaterials Spuren (15) angeordnet sind.

12. Röntgenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehanode (5) topfförmig ausgebildet ist und die Targetmaterials Spuren (15) 5 auf der abgeschrägten Stirnfläche (5b) der Drehanode (5) angeordnet sind.

13. Röntgenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb der Drehanode (5) ein ringförmiger Rotor (6) innerhalb des Vakuumsystems und damit zusammenwirkend ein Stator (7) 10 außerhalb des Vakuumsystems angeordnet ist.

14. Röntgenröhre nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Steuer- und Regeleinrichtung (11) die Größe des Fokus der Kathode (2) 15 der Elektronenquelle über ein elektronenoptisches System (3, 4) eingestellt werden kann, derart, daß in bezug auf die optische Achse der Röntgenoptik (9) die Brennflecke unterschiedlicher Targetmaterials 20 spuren (15) hinreichend dicht beieinander liegen.

15. Röntgenröhre nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehanode (5) innerhalb des Vakuumsystems axial verschiebbar ausgebildet ist derart, daß der Brennfleck auf der Drehanode (5) 25 stets exakt auf der optischen Achse der Röntgenoptik (9) positionierbar ist.

16. Röntgenröhre nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebung der Drehanode (5) durch einen elektromechanischen Anoden-Verstellantrieb (12) realisiert wird. 30

17. Röntgenröhre nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse der Drehanode (5) um ca. 6° zur Achse der Röntgenoptik (9) bzw. ca. 84° zum Elektronenstrahl geneigt ist. 35

18. Röntgenröhre nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (2) der Elektronenstrahlquelle eine Strich-Kathode ist.

19. Röntgenröhre nach Anspruch 10 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Strich-Kathode als 40 Vorratskathode mit einer selbstregenerierenden Oberflächenbeschichtung ausgebildet ist.

20. Röntgenröhre nach Anspruch 10 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Targetmaterials Spuren (15) und der Abstand zwischen ihnen größer ist als die Länge L des Strichfokusses. 45

21. Röntgenröhre nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterbrechungen (13) in den Targetmaterials Spuren (15) Vertiefungen und/oder Erhöhungen und/oder Öffnungen sind. 50

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

- Leerseite -

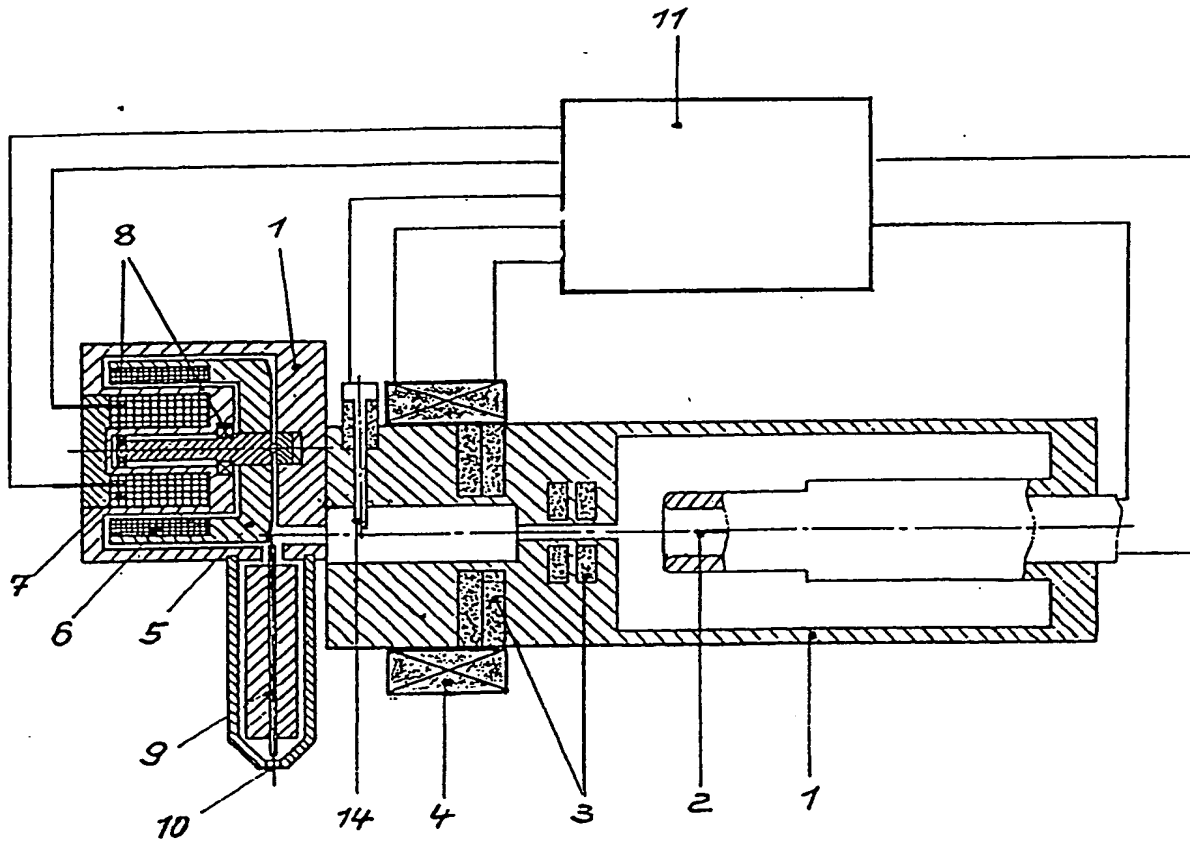


Fig. 1

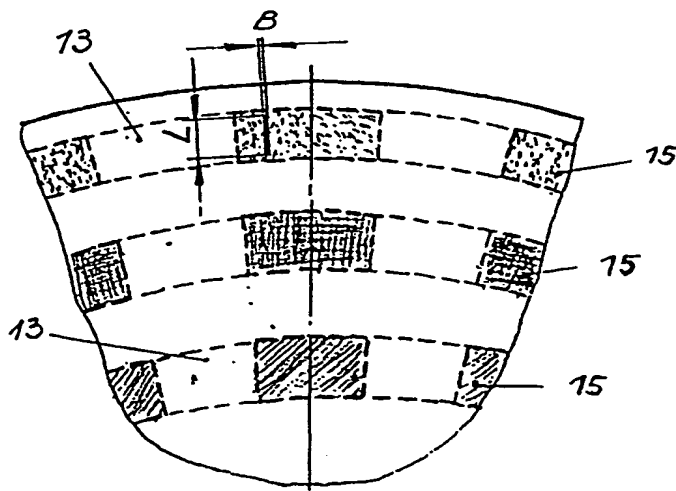


Fig. 2

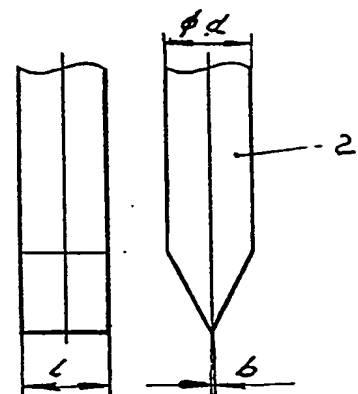


Fig. 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



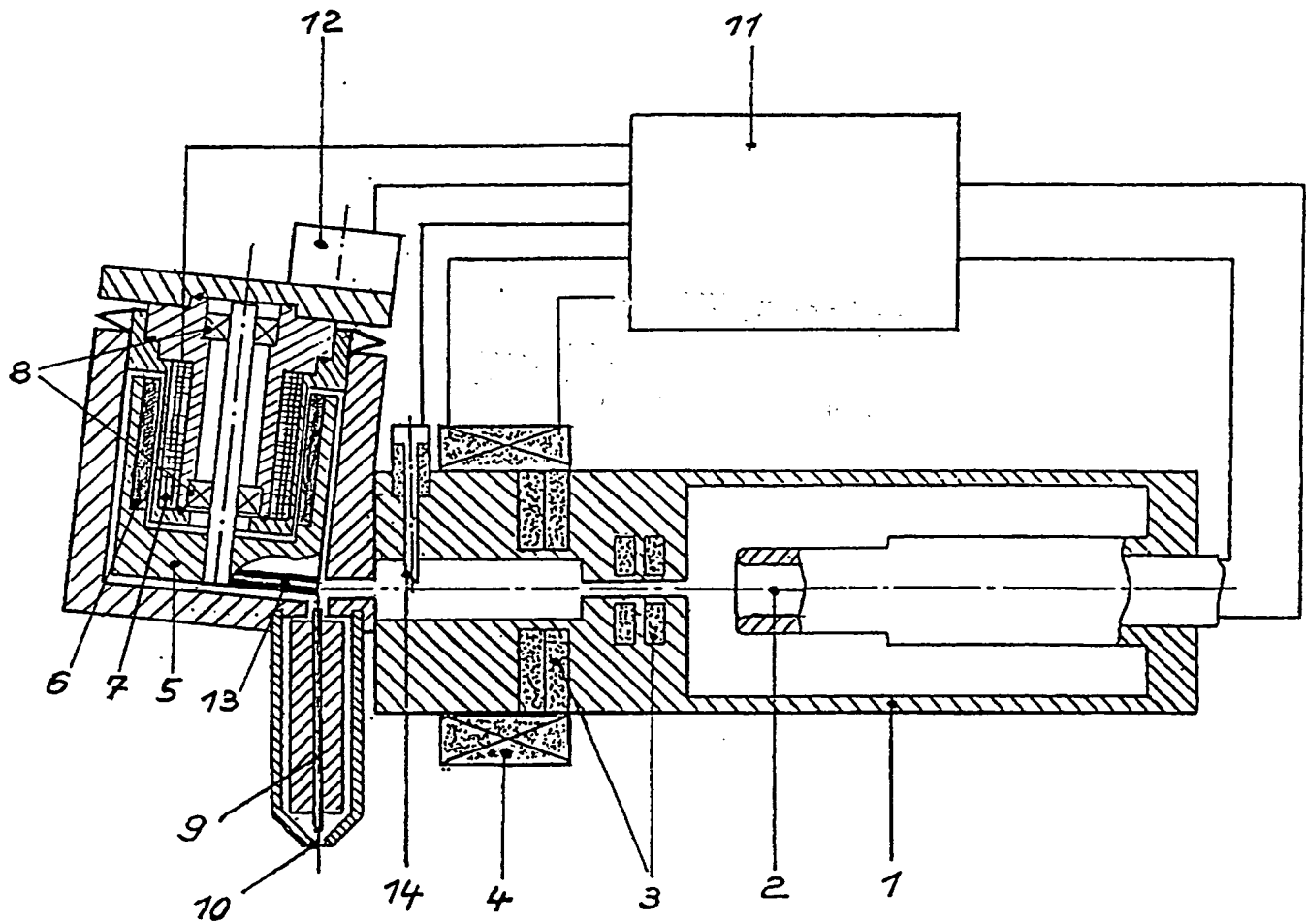


Fig. 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**